

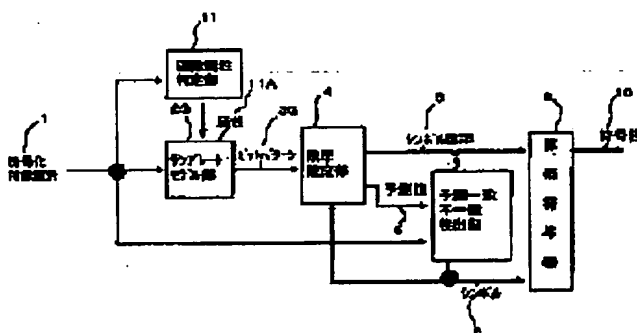
IMAGE ENCODING PROCESSOR

Patent number: JP11205615
Publication date: 1999-07-30
Inventor: MATSUMOTO MAKOTO
Applicant: MITSUBISHI ELECTRIC CORP
Classification:
 - international: H04N1/417; G06T1/00
 - european: G06T9/00P
Application number: JP19980004627 19980113
Priority number(s): JP19980004627 19980113

Report a data error here

Abstract of JP11205615

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an image encoding processor with which the number of states (memory capacity) required for processing can be suppressed rather than conventional one. **SOLUTION:** This device is provided with a template model part 2G for generating a bit pattern from pixels around an encoding object pixel, a probability estimating part 4 for generating symbol probability and a predictive value from the bit pattern and a symbol, a predictive coincidence/non-coincidence detecting part 7 for generating a symbol from the predictive value and the image data of the encoding object pixel, and an arithmetic encoder 9 for generating a code word from the said symbol probability and symbol, and Marcov model image encoding processing is performed. In this case, image attributes around the said encoding object pixel are additionally inputted to the template model part 2G.



(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平 1 1 - 2 0 5 6 1 5

(43)公開日 平成11年(1999)7月30日

(51)Int. Cl.⁶

H 0 4 N 1/417

G 0 6 T 1/00

識別記号

F I

H 0 4 N 1/417

G 0 6 F 15/66 3 3 0 P

審査請求 未請求 請求項の数 9

O L

(全 1 6 頁)

(21)出願番号 特願平10-4627

(22)出願日 平成10年(1998)1月13日

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 松本 誠

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱

電機株式会社内

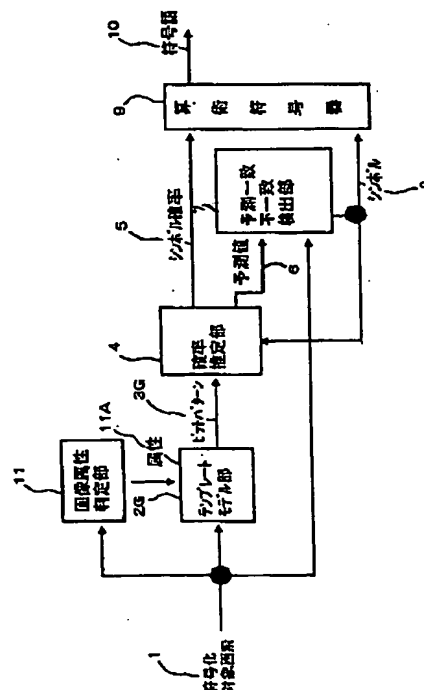
(74)代理人 弁理士 宮田 金雄 (外2名)

(54)【発明の名称】 画像符号化処理装置

(57)【要約】

【課題】 処理に必要な状態数(=メモリ容量)を従来よりも抑制することができる画像符号化装置を得る。

【解決手段】 符号化対象画素の周囲画素からビットパターンを生成するテンプレートモデル部 2 G、ビットパターンとシンボルとによりシンボル確率と予測値とを発生させる確率推定部 4、前記予測値と符号化対象画素である画像データからシンボルを発生させる予測一致/不一致検出部、前記シンボル確率と前記シンボルとにより符号語を発生させる算術符号器 9 を備え、マルコフモデル画像符号化処理を行う画像符号化処理装置において、テンプレートモデル部 2 G に前記符号化対象画素に対する周囲の画像属性を付加入力するようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 符号化対象画素としての注目画素の周囲画素からビットパターンを生成するテンプレートモデル部、ビットパターンとシンボルとによりシンボル確率と予測値とを発生させる確率推定部、前記予測値と符号化対象画素である画像データからシンボルを発生させる予測一致／不一致検出部、前記シンボル確率と前記シンボルとにより符号語を発生させる算術符号器を備え、マルコフモデル画像符号化処理を行う画像符号化処理装置において、前記テンプレートモデル部に前記符号化対象画素に対する周囲の画像属性を付加入力するようにしたことを特徴とする画像符号化処理装置。

【請求項 2】 符号化対象画素としての注目画素の周囲画素からビットパターンを生成するテンプレートモデル部、ビットパターンとシンボルとによりシンボル確率と予測値とを発生させる確率推定部、前記予測値と符号化対象画素である画像データからシンボルを発生させる予測一致／不一致検出部、前記シンボル確率と前記シンボルとにより符号語を発生させる算術符号器を備え、マルコフモデル画像符号化処理を行う画像符号化処理装置において、前記テンプレートモデル部に注目画素に対する周囲の画像変化点数を付加入力するようにしたことを特徴とする画像符号化処理装置。

【請求項 3】 符号化対象画素としての注目画素の周囲画素からビットパターンを生成するテンプレートモデル部、ビットパターンとシンボルとによりシンボル確率と予測値とを発生させる確率推定部、前記予測値と符号化対象画素である画像データからシンボルを発生させる予測一致／不一致検出部、前記シンボル確率と前記シンボルとにより符号語を発生させる算術符号器を備え、マルコフモデル画像符号化処理を行う画像符号化処理装置において、前記テンプレートモデル部に注目画素に対する周囲の画像黒点数もしくは画像白点数を付加入力するようにしたことを特徴とする画像符号化処理装置。

【請求項 4】 符号化対象画素としての注目画素の周囲画素からビットパターンを生成するテンプレートモデル部、ビットパターンとシンボルとによりシンボル確率と予測値とを発生させる確率推定部、前記予測値と符号化対象画素である画像データからシンボルを発生させる予測一致／不一致検出部、前記シンボル確率と前記シンボルとにより符号語を発生させる算術符号器を備え、マルコフモデル画像符号化処理を行う画像符号化処理装置において、前記テンプレートモデル部に注目画素に対する周囲の画像属性と画像変化点数を付加入力するようにしたことを特徴とする画像符号化処理装置。

【請求項 5】 符号化対象画素としての注目画素の周囲画素からビットパターンを生成するテンプレートモデル部、ビットパターンとシンボルとによりシンボル確率と予測値とを発生させる確率推定部、前記予測値と符号化対象画素である画像データからシンボルを発生させる予

測一致／不一致検出部、前記シンボル確率と前記シンボルとにより符号語を発生させる算術符号器を備え、マルコフモデル画像符号化処理を行う画像符号化処理装置において、前記テンプレートモデル部に注目画素に対する周囲の画像属性と画像黒点数、もしくは画像属性と画像白点数とを付加入力するようにしたことを特徴とする画像符号化処理装置。

【請求項 6】 符号化対象画素としての注目画素の周囲画素からビットパターンを生成するテンプレートモデル部、ビットパターンとシンボルとによりシンボル確率と予測値とを発生させる確率推定部、前記予測値と符号化対象画素である画像データからシンボルを発生させる予測一致／不一致検出部、前記シンボル確率と前記シンボルとにより符号語を発生させる算術符号器を備え、マルコフモデル画像符号化処理を行う画像符号化処理装置において、前記テンプレートモデル部に注目画素に対する周囲の画像変化点数と画像黒点数、もしくは画像変化点数と画像白点数とを付加入力するようにしたことを特徴とする画像符号化処理装置。

【請求項 7】 マルコフモデル画像符号化処理を行う画像符号化処理装置において、テンプレートモデル部に付加入力する画像属性として、入力画像から主走査方向及び副走査方向の変化点を計数して、このカウント値が予め設定されていたしきい値よりも超えたか、もしくは超えなかったかを判断して、これを元にして画像属性を判断するようにしたことを特徴とする請求項 1 もしくは請求項 4 もしくは請求項 5 のうちいずれか 1 項記載の画像符号化処理装置。

【請求項 8】 テンプレートモデル部に付加入力する画像属性として、符号対象画素の周囲に 1 つもしくは複数のウインドウを開き、各ウインドウ内において判定した画像属性を符号化対象画素としての注目画素に対する周囲の画像属性として、テンプレートモデル部に付加入力するようにしたことを特徴とする請求項 1 もしくは請求項 4 もしくは請求項 5 のうちいずれかに記載の画像符号化処理装置。

【請求項 9】 テンプレートモデル部に付加入力する画像属性として、符号対象画素の周囲に複数のウインドウを開き、各ウインドウにて判定した画像属性の重み付け平均を行い、その画像属性を符号化対象画素としての注目画素に対する周囲の画像属性として、テンプレートモデル部に付加入力するようにしたことを特徴とする請求項 1 もしくは請求項 4 もしくは請求項 5 のうちいずれかに記載の画像符号化処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、画像符号化処理装置、特に、マルコフモデル符号化を用いた画像符号化処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】ここで、この符号化装置に使用しているマルコフモデル符号化の原理を以下に説明する。符号化対象画素を“0”もしくは“1”をとる2値画像とすると、実際の画像においては、符号化対象画素が“0”をとるか或いは“1”をとるかの確率は、それぞれ以前の有限個、例えばm個の画素値に依存すると考えてよい場合が多い。この条件付き確率が、着目画素に先行するm個の画素（参照画素）のとりパターン（参照画素パターン*

$$H_c = -\sum \dots \sum P(X_i, X_{i-1}, X_{i-2} \dots X_{i-m}) \log_2 P(X_i/X_{i-1}, X_{i-2} \dots X_{i-m}) \dots \dots \text{式(1)}$$

で与えられる。式(1)は先行するm個のシンボル($X_i, X_{i-1}, X_{i-2} \dots X_{i-m}$)を知って X_i を符号化するとき、これ以下の符号量では符号化できない※

$$H_c = -\sum P(S_i) \sum P(X_i/S_i) \log_2 P(X_i/S_i) = \sum P(S_i) H'_c(S_i) \dots \dots \text{式(2)}$$

となる。

【0004】ここで、 $P(S_i)$ は状態($X_i, X_{i-1}, X_{i-2} \dots X_{i-m}$)の出現する確率であり、 H'_c は情報源を参照画素のとり状態毎に分け、それぞれを無記憶情報源とみなした場合のエントロピーとなる。このため、実際の符号化の際には、着目画素に先行するm個の画素情報を参照し、このm個の参照画素の状態によって着目画素を分類して、各状態毎に符号化を行う。

【0005】図23は、マルコフモデル符号化装置の一例を示すものである。同図において、1は入力されてくる画像データである符号化対象画素(1画素)、2は符号化対象画素1の周囲画素からビットパターン3を作成するテンプレートモデル部であり、3は符号化対象画素の周囲の画素のみで構成されるビットパターンであり、4はビットパターン3とシンボル8より、シンボル確率5と予測値6を発生させる確率推定部であり、5はシンボル8の発生確率を示すシンボル確率であり、6は確率推定部4が発生する符号化対象画素に対する予測値、7は予測値6と符号化対象画素である画像データ1からシンボル8を発生させる予測一致/不一致検出部であり、8は予測一致/不一致検出部より出力されたシンボルであり、9はシンボル確率5とシンボル8より符号語10を発生させる算術符号器であり、10は算術符号器9から出力される符号語である。

【0006】図24は、符号化対象画素の周囲画素を示す図である。ここで例えば、符号化対象画素の周囲画素であるE3は符号対象画素より副走査方向の2ライン前で、主走査方向が同位置の画素である。図25は、ビットパターン3の一例を示す図である。ここでは、図24で示される周囲画素から参照画素($E_i (i=1 \sim 12)$)を抜き出し、E12がLSB、E1がMSBとなるビットパターン3を構成する。

【0007】次いで、従来の符号化処理動作の説明を行う。入力されてくる符号化対象画素1をバッファリング

※ン)によって決まり、参照画素をm+1個以上にしても着目画素値の条件付き確率が変わらなければ、このような情報源をm重マルコフ情報源という。

【0003】m重マルコフ情報源の平均情報量(条件付きエントロピー) H_c は結合確率及び条件付き確率をそれぞれ、 $P(X_i, X_{i-1}, X_{i-2}, \dots, X_{i-m})$ 、 $P(X_i/X_{i-1}, X_{i-2} \dots X_{i-m})$ とすれば、

$$H_c = -\sum P(X_i, X_{i-1}, X_{i-2} \dots X_{i-m}) \log_2 P(X_i/X_{i-1}, X_{i-2} \dots X_{i-m}) \dots \dots \text{式(1)}$$

※理論的圧縮限界を示している。この式(1)を変形すれば、

し、テンプレートモデル部2により符号化対象画素1の周囲画素(図22のE1~E12)から、ビットパターン3(図25)を作成する。

【0008】次に、ビットパターン3に応じて確率推定部4にて予測値6が出力される。予測の際には、確率推定部4にてビットパターン3の起り得る全ての状態に対する符号化対象画素の予測値<生起確率(予測的中率)の高いシンボルを優勢シンボル(MPS: More Probable Symbol)、逆に生起確率の低いシンボルを劣勢シンボル(LPS: Less Probable Symbol)という>を予め定めておき、確率推定部4にて予測値6を求める。この予測値6と符号化対象画素1から画素予測一致/不一致検出部7にて、予測一致/不一致に応じたシンボル8に変換する(予測変換)。予測変換により、参照パターンに対するMPSが定まるが、同じMPSであってもその生起確率は参照パターンによって異なる。

【0009】的中確率の異なるMPSに対しては、異なる符号を割り当てる方が全体の符号長を短くすることができるので、確率推定部4にて、符号の割り当てを行う前に、予測的中率に応じてビットパターンのグループ分けを行う(予測分割)、各グループは、回数と呼ばれる値(回数が高いほど予測的中率は高くなる)により分類され、算術符号器9により、グループ毎に適切な符号が割り当てられる。また、各グループに対して定まるシンボル8の的中確率は、画像の性質に追従しうよう確率推定部4に入力され適応的に更新する。

【0010】算術符号器9では、(0, 1)の数直線をシンボルの生起確率に応じて分割していく、対象シンボル系列を対応する部分空間に割り当てる。そして、これを再帰的に繰り返していくことにより得られた区間を他の区間と区別できる代表点を表す2進小数点を符号とするものである。この符号が符号語10となる。

【0011】例えば、図26に符号化シンボル系列“0100”を対象にした2進符号化の概念図を示す。この

図において、例えば第 1 シンボル “0” の符号化で選択される対応区間 A (0) は、第 2 シンボル “1” の符号化の際にその状態におけるシンボルの生起確率の比に分割され、系列の対応区間として A (0 1) が選択される。このような分割選択処理を繰り返すことにより符号化が進められる（ここでは MPS を “0”、LPS を “1” と定義する）。

【0 0 1 2】このような処理を行うと、符号化シンボル系列 S の生起確率 P (S) は符号化の最終対応区間の幅で表される。算術符号 L は、この区間内の代表点を 2 進

小数で表すのに必要な精度に等しく、次式で示される。ここで演算子 [] は小数点切り上げを示す。

$$L = \lceil -1 \log_2 P(S) \rceil + 1 < -1 \log_2 P(S) + 2$$
この式において、右辺第 1 項はエントロピーそのものであり、シンボル系列 S が十分長くなれば、符号長 L はエントロピーに限りなく近づいていくことがわかる。

【0 0 1 3】このため、従来のブロック符号（有限個の情報源シンボルの系列で構成される通報に特定の符号語を対応させる符号）に比べ、符号化効率が高い符号を得ることができる。しかし、従来のブロック符号に比べ、非ブロック符号である算術符号を用いる場合、n 個の参照画素の値を参照し、この n 画素の参照画素の状態によって注目画素を分類した上で、各状態に応じた符号化を行う。このとき、参照画素の状態は 2^n となり、n の増加に伴い、その状態数は膨大になる。特に擬似中間調を扱う場合、通常、文字画像に比べ、多くの参照画素が必要になる。そのため、単純に参照画素領域を増大させた場合、状態数が増大し、LSI にした場合、コストアップになるという問題が生じる。

【0 0 1 4】

【発明が解決しようとする課題】この発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、処理に必要な状態数（＝メモリ容量）を従来よりも抑制することができる画像符号化装置を得ることを目的とする。

【0 0 1 5】

【課題を解決するための手段】第 1 の発明の画像符号化処理装置においては、符号化対象画素としての注目画素の周囲画素からビットパターンを生成するテンプレートモデル部、ビットパターンとシンボルとによりシンボル確率と予測値とを発生させる確率推定部、前記予測値と符号化対象画素である画像データからシンボルを発生させる予測一致／不一致検出部、前記シンボル確率と前記シンボルとにより符号語を発生させる算術符号器を備え、マルコフモデル画像符号化処理を行う画像符号化処理装置において、前記テンプレートモデル部に前記符号化対象画素に対する周囲の画像属性を付加入力するようにしたものである。

【0 0 1 6】第 2 の発明の画像符号化処理装置においては、符号化対象画素としての注目画素の周囲画素から

ットパターンを生成するテンプレートモデル部、ビットパターンとシンボルとによりシンボル確率と予測値とを発生させる確率推定部、前記予測値と符号化対象画素である画像データからシンボルを発生させる予測一致／不一致検出部、前記シンボル確率と前記シンボルとにより符号語を発生させる算術符号器を備え、マルコフモデル画像符号化処理を行う画像符号化処理装置において、前記テンプレートモデル部に注目画素に対する周囲の画像変化点数を付加入力するようにしたものである。

【0 0 1 7】第 3 の発明の画像符号化処理装置においては、符号化対象画素としての注目画素の周囲画素からビットパターンを生成するテンプレートモデル部、ビットパターンとシンボルとによりシンボル確率と予測値とを発生させる確率推定部、前記予測値と符号化対象画素である画像データからシンボルを発生させる予測一致／不一致検出部、前記シンボル確率と前記シンボルとにより符号語を発生させる算術符号器を備え、マルコフモデル画像符号化処理を行う画像符号化処理装置において、前記テンプレートモデル部に注目画素に対する周囲の画像黒点数もしくは画像白点数を付加入力するようにしたものである。

【0 0 1 8】第 4 の発明の画像符号化処理装置においては、符号化対象画素としての注目画素の周囲画素からビットパターンを生成するテンプレートモデル部、ビットパターンとシンボルとによりシンボル確率と予測値とを発生させる確率推定部、前記予測値と符号化対象画素である画像データからシンボルを発生させる予測一致／不一致検出部、前記シンボル確率と前記シンボルとにより符号語を発生させる算術符号器を備え、マルコフモデル画像符号化処理を行う画像符号化処理装置において、前記テンプレートモデル部に注目画素に対する周囲の画像属性と画像変化点数を付加入力するようにしたものである。

【0 0 1 9】第 5 の発明の画像符号化処理装置においては、符号化対象画素としての注目画素の周囲画素からビットパターンを生成するテンプレートモデル部、ビットパターンとシンボルとによりシンボル確率と予測値とを発生させる確率推定部、前記予測値と符号化対象画素である画像データからシンボルを発生させる予測一致／不一致検出部、前記シンボル確率と前記シンボルとにより符号語を発生させる算術符号器を備え、マルコフモデル画像符号化処理を行う画像符号化処理装置において、前記テンプレートモデル部に注目画素に対する周囲の画像属性と画像黒点数、もしくは画像属性と画像白点数とを付加入力するようにしたものである。

【0 0 2 0】第 6 の発明の画像符号化処理装置においては、符号化対象画素としての注目画素の周囲画素からビットパターンを生成するテンプレートモデル部、ビットパターンとシンボルとによりシンボル確率と予測値とを発生させる確率推定部、前記予測値と符号化対象画素で

ある画像データからシンボルを発生させる予測一致／不一致検出部、前記シンボル確率と前記シンボルとにより符号語を発生させる算術符号器を備え、マルコフモデル画像符号化処理を行う画像符号化処理装置において、前記テンプレートモデル部に注目画素に対する周囲の画像変化点数と画像黒点数、もしくは画像変化点数と画像白点数とを付加入力するようにしたものである。

【0021】第7の発明の画像符号化処理装置においては、マルコフモデル画像符号化処理を行う画像符号化処理装置において、テンプレートモデル部に付加入力する画像属性として、入力画像から主走査方向及び副走査方向の変化点を計数して、このカウント値が予め設定されていたしきい値よりも超えたか、もしくは超えなかったかを判断して、これを元にして画像属性を判断するようにしたものである。

【0022】第8の発明の画像符号化処理装置においては、テンプレートモデル部に付加入力する画像属性として、符号対象画素の周囲に1つもしくは複数のウインドウを開き、各ウインドウ内において判定した画像属性を符号化対象画素としての注目画素に対する周囲の画像属性として、テンプレートモデル部に付加入力するようにしたものである。

【0023】第9の発明の画像符号化処理装置においては、テンプレートモデル部に付加入力する画像属性として、符号対象画素の周囲に複数のウインドウを開き、各ウインドウにて判定した画像属性の重み付け平均を行い、その画像属性を符号化対象画素としての注目画素に対する周囲の画像属性として、テンプレートモデル部に付加入力するようにしたものである。

【0024】

【発明の実施の形態】実施の形態1. この発明の実施の形態1を図1、図2、図3、図4を用いて説明する。図1は、この発明に基づくマルコフモデル符号化装置の一例を示す。同図において、1は入力されてくる画像データである符号化対象画素（1画素）、2Gは符号化対象画素1の周囲画素からビットパターン3Gを作成するテンプレートモデル部であり、3Gは符号化対象画素の周囲の画素と画像属性から構成されるビットパターンであり、4はビットパターン3Gとシンボル8とによりシンボル確率5と予測値6とを発生させる確率推定部であり、5はシンボル8の発生確率を示すシンボル確率であり、6は確率推定部4が発生する符号化対象画素に対する予測値、7は予測値6と符号化対象画素である画像データからシンボル8を発生させる予測一致／不一致検出部であり、8は予測一致／不一致検出部より出力されたシンボルであり、9はシンボル確率5とシンボル8とにより符号語10を発生させる算術符号器であり、11は符号化対象画素1から属性11Aを発生させる画像属性判定部である。

【0025】図2は、符号化対象画素の周囲画素を示す

図である。ここで、 E_i ($i=1\sim12$)は符号化対象画素の参照画素であり、 A_i 、 B_i 、 C_i 、 D_i ($i=1\sim9$)は画像属性を判定するための画像領域である。図3は、画像属性判定部11での処理方法を示すフローチャートである。図4は、ビットパターン3Gを示すビットパターン図である。

【0026】次に、符号化処理動作の説明を行う。入力されてくる符号化対象画素1をバッファリングし、テンプレートモデル部2Gにより符号化対象画素の周囲画素 E_i ($i=1\sim12$)と画像属性判定部11から出力される属性11Aから、ビットパターン3Gを作成する。次にビットパターン3Gに応じて確率推定部4にて予測値6が出力される。

【0027】予測の際には、確率推定部4にてビットパターン3Gの起りうる全ての状態に対する符号化対象画素予測値<生起確率（予測的中率）の高いシンボルを優勢シンボル（MPS: More Probable Symbol）、逆に生起確率の低いシンボルを劣勢シンボル（LPS: Less Probable Symbol）という>を予め定めておき、確率推定部4にて予測値6を求める。この予測値6と符号化対象画素1から画素予測一致／不一致検出部7にて、予測一致／不一致に応じたシンボル8に変換する（予測変換）。次に、算術符号器9にて符号語10を出力する。

【0028】次に、画像属性判定部11の動作について説明する。ここでは入力画像データから画像属性を判定する。例えば、判定された結果を“0”：文字、

“1”：写真として分類する。分類方法は、例えば、予め入力されてくる画像データ（符号化対象画素）に対して周囲をA、B、C、Dの各領域に画像を分ける。

【0029】画像属性は各領域毎（A、B、C、D）に図3に示すフローチャートに基づいて判定する。ここで、ステップS001にて、主走査方向の画像変化点（Ph）をカウントする。ステップS002にて、副走査方向の画像変化点（Pv）をカウントする。ここで、画像変化点とは、画素が0から1に変化した場合、もしくは1から0に変化した場合を1として計数する。

【0030】ステップS003にて、主／副走査それぞれに予め画像の特性に合わせるようにしきい値を決めておく。ここで、主走査方向のしきい値をTh、副走査方向のしきい値をTvとする。文字画像は副走査もしくは主走査一方向に変化点が偏る傾向がある。この傾向を利用する。それぞれの区画内において、Pv、PhとTv、Thとをそれぞれ比較する。ステップS004にて、ステップS003の判定結果{ $(Pv \geq Tv)$ and $(Ph \geq Th)$ }が真の場合、画像属性=写真“1”とする。それ以外は画像属性=文字“0”とする。これにより、各領域毎に画像属性が判定される。すなわち、ここでは、符号対象画素としての注目画素の周囲に、領域A、B、C、Dとして、1つもしくは複数のウインドウ

を開き、各ウィンドウ内において判定した画像属性を符号化対象画素としての注目画素に対する周囲の画像属性として、テンプレートモデル部に付加入力するようにしたものである。

【0031】図4には、各領域にて判定した画像属性（A領域の画像属性：AZ1、B領域の画像属性：BZ1、C領域の画像属性：CZ1、D領域の画像属性：DZ1）と参照画素Ei（i=1~12）とを加えてビットパターン3Gを作成したときの1例を示す。ここで、MSBがAZ1で、LSBがE12となる。

【0032】画像属性を符号化対象画素1すなわち注目画素に隣接する参照画素に加えて、状態分類を行うことで、回路規模を削減しつつ、予測的中率の低下を防ぐことができる。ここで、従来、注目画素に対して周囲48画素（状態数 2^{48} ）を参照しているが、この実施の形態によれば、注目画素に対して＜周囲12画素+画像属性4bit＞（状態数 2^{16} ）となり、回路規模を削減することができる。

【0033】実施の形態2. この発明の実施の形態2を図5、図6、図7を用いて説明する。図5に、この発明に基づくマルコフモデル符号化装置の一例を示す。同図において、2Fは符号化対象画素1の周囲画素からビットパターン3Fを作成するテンプレートモデル部であり、3Fは符号化対象画素の周囲の画素と画像属性から構成されるビットパターンである。11Cは符号化対象画素1から属性11Bを発生させる画像属性判定部である。その他の構成は、実施の形態1と同じである。各図中、同一符号は同一または相当部分を示す。

【0034】予測的中率は、注目画素に対する距離に依存して決定される。例えば、注目画素の種類（“0”または“1”）は、注目画素から距離が離れた画素よりも、隣接する画素の種類に大きく依存する。そのため、注目画素からの距離で、各々の区画から算出された画像属性の重み付け平均を行い、画像属性の統合を行う。

【0035】次いで、符号化処理動作の説明を行う。符号化対象画素1をバッファリングし、テンプレートモデル部2Fにより符号化対象画素の周囲画素Ei（i=1~12）と画像属性判定部11Cから出力される属性11Bから、ビットパターン3Fを作成する。次にビットパターン3Fに応じて確率推定部4にて予測値6が出力される。

【0036】予測の際には、確率推定部4にてビットパターン3Fの起りうる全ての状態に対する符号化対象画素予測値＜生起確率（予測的中率）の低いシンボルを優勢シンボル（MPS: More Probable Symbol）、逆に生起確率の低いシンボルを劣勢シンボル（LPS: Less Probable Symbol）という＞を予め決めておき、確率推定部4にて予測値6を求める。この予測値6と符号化対象画素1から画素予測一致／不一致検出部7にて、予測一致／不

致に応じたシンボル8に変換する（予測変換）。次に、算術符号器9にて符号語10を出力する。

【0037】図6は、画像属性判定部11Cでの画像属性判定方法を示したフローチャートである。ステップS101にて例えば図3に示された方法で、図2の各領域毎（A、B、C、D）に画像属性判定を行い、ステップS102にて符号化対象画素からの距離に応じた重み付け平均（ A_{vz} ）を求める。次にステップS103にて予め決めておいた“しきい値（ T_z ）”と A_{vz} を比較する。ステップS104にて $A_{vz} \geq T_z$ の場合、写真

“1”として判定され、 $A_{vz} < T_z$ の場合、文字：

“0”として判定される。例えば、A領域：“1”、B領域：“0”、C領域：“0”、D領域：“0”の場合、符号化対象画素に対してAの重み付けを0.7とし、以外を1.0として重み付け平均を求める。“1” $\times 0.7 + “0” \times 1.0 + “0” \times 1.0 + “0” \times 1.0 / 4 = 0.125 (= A_{vz})$ となり、0.5（ $= T_z$ ）を超えないためこれを文字：“0”と判定し、これを画像属性（FZ1）とする。すなわち、ここでは、符号対象画素としての注目画素の周囲に、領域A、B、C、Dとして複数のウィンドウを開き、各ウィンドウにて判定した画像属性の重み付け平均を行い、その画像属性を符号化対象画素としての注目画素に対する周囲の画像属性として、テンプレートモデル部に付加入力するようにしたものである。

【0038】図7に、各領域に画像属性（FZ1）と参照画素Ei（i=1~12）とを加えてビットパターン3Fを作成したときの1例を示す。ここで、MSBがFZ1で、LSBがE12となる。

【0039】この場合、注目画素に対して周囲48画素（状態数 2^{48} ）を参照しているのに対して、この実施の形態によれば、注目画素に対して＜周囲12画素+画像属性1bit＞（状態数 2^{13} ）となり、回路規模を削減することができる。

【0040】実施の形態3. この発明の実施の形態3を図8、図9、図10を用いて説明する。図8に、この発明に基づくマルコフモデル符号化装置の一例を示す。同図において、2Eは符号化対象画素1の周囲画素からビットパターン3Eを作成するテンプレートモデル部であり、3Eは符号化対象画素の周囲の画素と画像の変化点数とで構成されるビットパターンである。12は符号化対象画素1から変化点12Aを発生させる画像変化点判定部である。その他の構成は、実施の形態1と同じである。各図中、同一符号は同一または相当部分を示す。

【0041】図9は符号化対象画素の周囲画素を示す図である。ここでEi（i=1~12）は符号化対象画素の参照画素であり、Ai、Bi（i=1~4）は画像変化点数を判定するための画像領域である。この図に示すように、参照画素の周囲A領域とB領域とを設ける。この各領域での画像変化点を計数する。これらの画像変化

10

20

30

40

50

点数を注目画素に隣接する参照画素に加えることで、予測的中率の低下を防ぐ。

【0042】次いで、符号化処理動作の説明を行う。符号化対象画素1をバッファリングし、テンプレートモデル部2Eにより符号化対象画素の周囲画素 E_i ($i=1\sim 12$)と画像属性判定部12から出力される属性12Aから、ビットパターン3Eを作成する。次に、ビットパターン3Eに応じて確率推定部4にて予測値6が出力される。

【0043】予測の際には、確率推定部4にてビットパターン3Eの起りうる全ての状態に対する符号化対象画素予測値<生起確率(予測的中率)の高いシンボルを優勢シンボル(MPS: More Probable Symbol)、逆に生起確率の低いシンボルを劣勢シンボル(LPS: Less Probable Symbol)という>を予め定めておき、確率推定部4にて予測値6を求める。この予測値6と符号化対象画素1から画素予測一致/不一致検出部7にて、予測一致/不一致に応じたシンボル8に変換する(予測変換)。次に、算術符号器9にて符号語10を出力する。

【0044】画像変化判定部12の説明を行う。図9のA領域において0から1もしくは1から0へと画像が変化した変化点を係数(AC1, AC2)し、同様にB領域の変化点も計数する(BC1, BC2)。この値を変化点12Aとする。

【0045】図10は、ビットパターン3Eを示す図であり、A領域の画像変化点数(AC1, AC2)とB領域の画像変化点数(BC1, BC2)とに参照画素 E_i ($i=1\sim 12$)とを加えてビットパターン3Eを作成したときの1例を示す。ここでMSBがAC1で、LSBがE12となる。ここで、A領域の画像変化点数が仮に、2の場合、AC=1, AC2=0とし、同様にB領域の場合も、BC1=1, BC2=0となる。

【0046】従来の場合、注目画素に対して、周囲20画素(状態数 2^{20})を参照しているのに対して、この実施の形態によれば、注目画素に対して、<周囲12画素+画素変化点数4bit>(状態数 2^{16})となり、回路規模を削減することができる。

【0047】実施の形態4. この発明の実施の形態4を図11, 図12, 図13を用いて説明する。図11に、この発明に基づくマルコフモデル符号化装置の一例を示す。ここで、属性11Aを発生させる画像属性判定部11と変化点12Aを発生させる画像変化点判定部12と符号化対象画素1とからビットパターン3Dを作成するテンプレートモデル部2Dである。各図中、同一符号は同一または相当部分を示す。

【0048】図12は符号化対象画素の周囲画素を示す図である。ここで E_i ($i=1\sim 12$)は符号化対象画素の参照画素であり、 A_i ($i=1\sim 8$)は画像変化点数を判定するための画像領域、 B_i ($i=1\sim 9$)は画

像属性を判定するための画像領域である。この図に示すように、参照画素の周囲A領域(A_i ($i=1\sim 8$))とB領域(B_i ($i=1\sim 9$))とを設ける。このA領域での画像変化点数を計数する。また、B領域で判定した画像属性とを注目画素に隣接する参照画素に加えることで、予測的中率の低下を防ぐ。

【0049】次いで、符号化処理動作の説明を行う。符号化対象画素1をバッファリングし、テンプレートモデル部2Dにより符号化対象画素の周囲画素 E_i ($i=1\sim 12$)と画像属性判定部11から出力される属性11Aとから、ビットパターン3Dを作成する。次に、ビットパターン3Dに応じて確率推定部4にて予測値6が出力される。

【0050】予測の際には、確率推定部4にてビットパターン3Dの起りうる全ての状態に対する符号化対象画素予測値<生起確率(予測的中率)の高いシンボルを優勢シンボル(MPS: More Probable Symbol)、逆に生起確率の低いシンボルを劣勢シンボル(LPS: Less Probable Symbol)という>を予め定めておき、確率推定部4にて予測値6を求める。この予測値6と符号化対象画素1から画素予測一致/不一致検出部7にて、予測一致/不一致に応じたシンボル8に変換する(予測変換)。次に、算術符号器9にて符号語10を出力する。

【0051】図13は、ビットパターン3Dを示す図であり、A領域の画像変化点数(AC1, AC2, AC3)とB領域の画像変化点数(BZ1)とに参照画素 E_i ($i=1\sim 12$)とを加えてビットパターン3Dを作成したときの1例を示す。ここでMSBがAC1で、LSBがE12となる。画像変化点数の判定は、実施の形態3に示した方法で処理し、画像属性の判定は、実施の形態1もしくは2で示した方法で処理を行う。

【0052】従来の場合、注目画素に対して、周囲29画素(状態数 2^{29})、この実施の形態によれば、注目画素に対して<周囲12画素+画素変化点数3bit+画像属性1bit>(状態数 2^{16})となり、回路規模を削減することができる。

【0053】実施の形態5. この発明の実施の形態5を図14, 図15, 図16を用いて説明する。図14に、この発明に基づくマルコフモデル符号化装置の一例を示す。ここで、黒点数13Aを発生させる画像黒点数判定部13と符号化対象画素1とからビットパターン3Cを作成するテンプレートモデル部2Cである。各図中、同一符号は同一または相当部分を示す。この図に示すように、参照画素の周囲A領域(A_i ($i=1\sim 3$))とB領域(B_i ($i=1\sim 3$))とを設ける。このA領域での画像黒点数("1"と仮定する)を計数する。またB領域で判定した画像黒点数とを注目画素に隣接する参照画素に加えることで、予測的中率の低下を防ぐ。

【0054】次いで、符号化処理動作の説明を行う。符

10

20

30

40

50

号化対象画素 1 をバッファリングし、テンプレートモデル部 2 C により符号化対象画素の周囲画素 E_i ($i = 1 \sim 12$) と画像属性判定部 13 から出力される黒点数 13 A とからビットパターン 3 C を作成する。次に、ビットパターン 3 C に応じて、確率推定部 4 にて予測値 6 が出力される。

【0055】予測の際には、確率推定部 4 にてビットパターン 3 C の起りうる全ての状態に対する符号化対象画素の予測値 < 生起確率 (予測的中率) の高いシンボルを優勢シンボル (MPS: More Probable Symbol)、逆に生起確率の低いシンボルを劣勢シンボル (LPS: Less Probable Symbol) という > を予め定めておき、確率推定部 4 にて予測値 6 を求める。この予測値 6 と符号化対象画素 1 から画素予測一致 / 不一致検出部 7 にて、予測一致 / 不一致に応じたシンボル 8 に変換する (予測変換)。次に、算術符号器 9 にて符号語 10 を出力する。

【0056】画像黒点数判定部 13 の説明を行う。図 15 の A 領域において、この領域内に含まれる黒画素 (= 1) の数をカウントする (AV1、AV2)、同様に B 領域の黒画素数もカウントする (BV1、BV2)。これを黒点数 13 A とする。

【0057】図 13 は、ビットパターン 3 C を示す図であり、A 領域の画像黒点数 (AV1、AV2) と B 領域の画像黒点数 (BV1、BV2) とに参照画素 E_i ($i = 1 \sim 12$) とを加えてビットパターン 3 C を作成したときの 1 例を示す。ここで MSB が AV1 で、LSB が E12 となる。ここで A 領域の黒点数が 2 の場合、AV1 = 1、AV2 = 0 とし、同様に B 領域も BV1 = 1、BV2 = 0 となる。

【0058】従来の場合、注目画素に対して、周囲 18 画素 (状態数 2^{18}) を参照しているのに対して、この実施の形態によれば、注目画素に対して < 周囲 12 画素 + 画素変化点数 4 bit > (状態数 2^{16}) となり、回路規模を削減することができる。ここでは黒点数を計数したが、白点数 (“0” と仮定する) を計数してもよい。

【0059】実施の形態 6. この発明の実施の形態 6 を図 17、図 18、図 19 を用いて説明する。図 18 に示すように、参照画素の周囲 A 領域 (A_i ($i = 1 \sim 7$)) と B 領域 (B_i ($i = 1 \sim 9$)) とを設ける。この A 領域での画像黒点数 (“1” と仮定する) を計数する。また B 領域で判定した画像属性とを注目画素に隣接する参照画素に加えることで、予測的中率の低下を防ぐ。

【0060】図 17 に、この発明に基づくマルコフモデル符号化装置の一例を示す。ここで、黒点数 13 A を発生させる画像黒点数判定部 13 と属性 11 A を発生させる画像属性判定部 11 と符号化対象画素 1 とからビットパターン 3 B を作成するテンプレートモデル部 2 B である。各図中、同一符号は同一または相当部分を示す。

【0061】次いで、符号化処理動作の説明を行う。符号化対象画素 1 をバッファリングし、テンプレートモデル部 2 B により符号化対象画素の周囲画素 E_i ($i = 1 \sim 12$) と画像黒点数判定部 13 から出力される黒点数 13 A と画像属性判定部 11 から出力される属性 11 A とからビットパターン 3 B を作成する。次にビットパターン 3 B に応じて確率推定部 4 にて予測値 6 が出力される。

【0062】予測の際には、確率推定部 4 にてビットパターン 3 B の起りうる全ての状態に対する符号化対象画素の予測値 < 生起確率 (予測的中率) の高いシンボルを優勢シンボル (MPS: More Probable Symbol)、逆に生起確率の低いシンボルを劣勢シンボル (LPS: Less Probable Symbol) という > を予め定めておき、確率推定部 4 にて予測値 6 を求める。この予測値 6 と符号化対象画素 1 から画素予測一致 / 不一致検出部 7 にて、予測一致 / 不一致に応じたシンボル 8 に変換する (予測変換)。次に算術符号器 9 にて符号語 10 を出力する。

【0063】図 19 は、ビットパターン 3 B を示す図であり、A 領域の画像黒点数 (AV1、AV2、AV3) と B 領域の画像属性 (BZV1) とに参照画素 E_i ($i = 1 \sim 12$) とを加えてビットパターン 3 B を作成したときの 1 例を示す。ここで MSB が AV1 で、LSB が E12 となる。ここで、画像属性の判定は、実施の形態 1 もしくは 2 で示した方法を使用し、画像黒点数の判定は、実施の形態 5 に示した方法で処理する。

【0064】従来の場合、注目画素に対して、周囲 28 画素を参照しているのに対して (状態数 2^{28})、この実施の形態によれば、注目画素に対して < 周囲 12 画素 + 画像黒点数 3 bit + 画像属性 1 bit > (状態数 2^{16}) となり、回路規模を削減することができる。ここでは黒点数を計数したが、白点数 (“0” と仮定する) を計数してもよい。

【0065】実施の形態 7. この発明の実施の形態 7 を図 20、図 21、図 22 を用いて説明する。図 20 に、この発明に基づくマルコフモデル符号化装置の一例を示す。ここで、黒点数 13 A を発生させる画像黒点数判定部 13 と変化点数 12 A を発生させる画像変化点判定部 12 と符号化対象画素 1 とからビットパターン 3 A を作成するテンプレートモデル部 2 A である。各図中、同一符号は同一または相当部分を示す。

【0066】図 21 に示すように、参照画素の周囲 A 領域 (A_i ($i = 1 \sim 8$)) と B 領域 (B_i ($i = 1 \sim 3$)) とを設ける。この A 領域での画像変化数 (“1” と仮定する) を計数する。これらを注目画素に隣接する参照画素に加えることで、予測的中率の低下を防ぐ。

【0067】次いで、符号化処理動作の説明を行う。符号化対象画素 1 をバッファリングし、テンプレートモデル部 2 A により符号化対象画素の周囲画素 E_i ($i = 1$

～12)と画像黒点数判定部13から出力される黒点数13Aと画像変化点判定部12から出力される12Aとからビットパターン3Aを作成する。次にビットパターン3Aに応じて確率推定部4にて予測値6が出力される。

【0068】予測の際には、確率推定部4にてビットパターン3Aの起こりうる全ての状態に対する符号化対象画素の予測値<生起確率(予測的中率)の高いシンボルを優勢シンボル(MPS:More Probable Symbol)、逆に生起確率の低いシンボルを劣勢シンボル(LPS:Less Probable Symbol)という>を予め定めておき、確率推定部4にて予測値6を求める。この予測値6と符号化対象画素1から画素予測一致/不一致検出部7にて、予測一致/不一致に応じたシンボル8に変換する(予測変換)。次に、算術符号器9にて符号語10を出力する。

【0069】図22は、ビットパターン3Aを示す図であり、A領域の画像黒点数(AC1、AC2、AC3)とB領域の画像黒点数(BV1、BV2)とに参照画素Ei(i=1～12)とを加えてビットパターン3Aを作成したときの1例を示す。ここでMSBがAC1で、LSBがE12となる。ここで、画像変化点数の判定は、実施の形態3で示した方法、画像黒点数の方法は実施の形態5に示された方法を使用する。

【0070】従来の場合、注目画素に対して、周囲28画素を参照しているのに対して(状態数 2^{28})、この実施の形態によれば、注目画素に対して<周囲12画素+画像黒点数2bit+画像変化点数3bit>(状態数 2^{17})となり、回路規模を削減することができる。ここでは黒点数を計数したが、白点数(“0”と仮定する)を計数してもよい。

【0071】以上のように、この発明の実施の形態1～7によれば、処理に必要な状態数(=メモリ数)を従来よりも抑制することができる画像符号化方法、画像符号化装置、画像符号化集積回路および画像符号化プログラムを記憶した記憶媒体を得ることができる。

【0072】

【発明の効果】第1の発明によれば、テンプレートモデル部に符号化対象画素としての注目画素に対する周囲の画像属性を付加入力したので、画像符号化処理に必要な状態数を従来よりも抑制でき、メモリ容量を減少できる画像符号化処理装置を得ることができる。

【0073】第2の発明によれば、テンプレートモデル部に注目画素に対する周囲の画像変化点数を付加入力したので、画像符号化処理に必要な状態数を従来よりも抑制でき、メモリ容量を減少できる画像符号化処理装置を得ることができる。

【0074】第3の発明によれば、テンプレートモデル部に注目画素に対する周囲の画像黒点数もしくは画像白点数を付加入力したので、画像符号化処理に必要な状態

数を従来よりも抑制でき、メモリ容量を減少できる画像符号化処理装置を得ることができる。

【0075】第4の発明によれば、テンプレートモデル部に注目画素に対する周囲の画像属性と画像変化点数を付加入力したので、画像符号化処理に必要な状態数を従来よりも抑制でき、メモリ容量を減少できる画像符号化処理装置を得ることができる。

【0076】第5の発明によれば、テンプレートモデル部に注目画素に対する周囲の画像属性と画像黒点数、もしくは画像属性と画像白点数とを付加入力したので、画像符号化処理に必要な状態数を従来よりも抑制でき、メモリ容量を減少できる画像符号化処理装置を得ることができる。

【0077】第6の発明によれば、テンプレートモデル部に注目画素に対する周囲の画像変化点数と画像黒点数、もしくは画像変化点数と画像白点数とを付加入力したので、画像符号化処理に必要な状態数を従来よりも抑制でき、メモリ容量を減少できる画像符号化処理装置を得ることができる。

【0078】第7の発明によれば、マルコフモデル画像符号化処理を行う画像符号化処理装置において、テンプレートモデル部に付加入力する画像属性として、入力画像から主走査方向及び副走査方向の変化点を計数して、このカウント値が予め設定されていたしきい値よりも超えたか、もしくは超えなかったかを判断して、これを元にして画像属性を判断するので、画像符号化処理に必要な状態数を従来よりも抑制でき、メモリ容量を減少できる画像符号化処理装置を得ることができる。

【0079】第8の発明によれば、テンプレートモデル部に付加入力する画像属性として、符号対象画素の周囲に1つもしくは複数のウインドウを開き、各ウインドウ内において判定した画像属性を注目画素に対する周囲の画像属性として、テンプレートモデル部に付加入力したので、画像符号化処理に必要な状態数を従来よりも抑制でき、メモリ容量を減少できる画像符号化処理装置を得ることができる。

【0080】第9の発明によれば、テンプレートモデル部に付加入力する画像属性として、符号対象画素の周囲に複数のウインドウを開き、各ウインドウにて判定した画像属性の重み付け平均を行い、その画像属性を注目画素に対する周囲の画像属性として、テンプレートモデル部に付加入力したので、画像符号化処理に必要な状態数を従来よりも抑制でき、メモリ容量を減少できる画像符号化処理装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明における実施の形態1に係るマルコフモデル符号化装置を示す図である。

【図2】 この発明における実施の形態1に係る符号化対象画素の周囲画素を示す図である。

【図3】 この発明における実施の形態1に係る画像属

性判定部での処理方法を示すフローチャート図である。

【図 4】 この発明における実施の形態 1 に係るビットパターンを示す図である。

【図 5】 この発明における実施の形態 2 に係るマルコフモデル符号化装置を示す図である。

【図 6】 この発明における実施の形態 2 に係る画像属性判定部での処理方法を示すフローチャート図である。

【図 7】 この発明における実施の形態 2 に係るビットパターンを示す図である。

【図 8】 この発明における実施の形態 3 に係るマルコフモデル符号化装置を示す図である。

【図 9】 この発明における実施の形態 3 に係る符号化対象画素の周囲画素を示す図である。

【図 10】 この発明における実施の形態 3 に係るビットパターンを示す図である。

【図 11】 この発明における実施の形態 4 に係るマルコフモデル符号化装置を示す図である。

【図 12】 この発明における実施の形態 4 に係る符号化対象画素の周囲画素を示す図である。

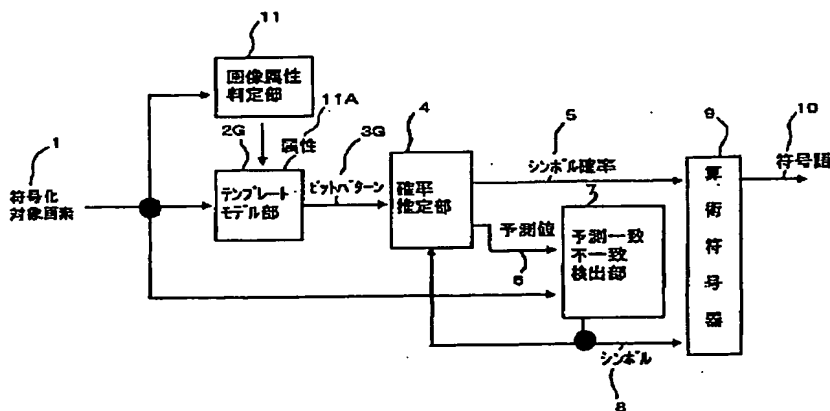
【図 13】 この発明における実施の形態 4 に係るビットパターンを示す図である。

【図 14】 この発明における実施の形態 5 に係るマルコフモデル符号化装置を示す図である。

【図 15】 この発明における実施の形態 5 に係る符号化対象画素の周囲画素を示す図である。

【図 16】 この発明における実施の形態 5 に係るビットパターンを示す図である。

【図 1】



【図 17】 この発明における実施の形態 6 に係るマルコフモデル符号化装置を示す図である。

【図 18】 この発明における実施の形態 6 に係る符号化対象画素の周囲画素を示す図である。

【図 19】 この発明における実施の形態 6 に係るビットパターンを示す図である。

【図 20】 この発明における実施の形態 7 に係るマルコフモデル符号化装置を示す図である。

【図 21】 この発明における実施の形態 7 に係る符号化対象画素の周囲画素を示す図である。

【図 22】 この発明における実施の形態 7 に係るビットパターンを示す図である。

【図 23】 従来の技術におけるマルコフモデル符号化装置の一例を示す図である。

【図 24】 従来の技術における符号化対象画素の周囲画素を示す図である。

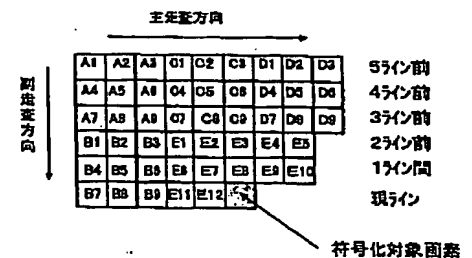
【図 25】 従来の技術におけるビットパターンの一例を示す図である。

【図 26】 従来の技術における 2 進符号化の概念図である。

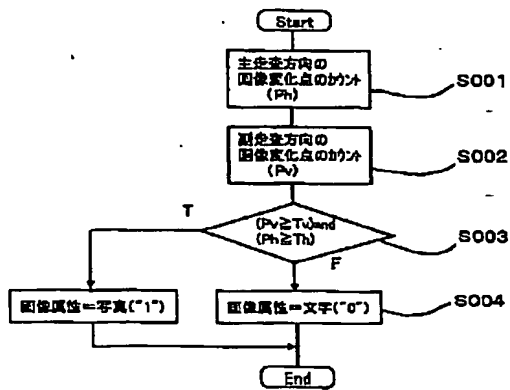
【符号の説明】

1 符号化対象画素 (1 画素)、2 G テンプレートモデル部、3 G ビットパターンであり、4 確率推定部、5 シンボル確率、6 予測値、7 予測一致/不一致検出部、8 シンボル、9 算術符号器、10 画素属性判定部。

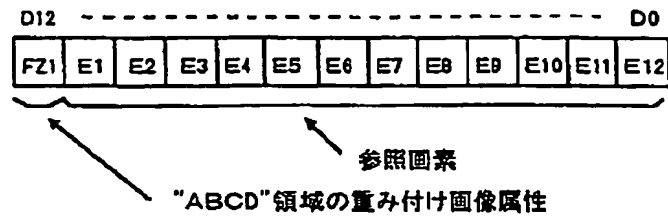
【図 2】



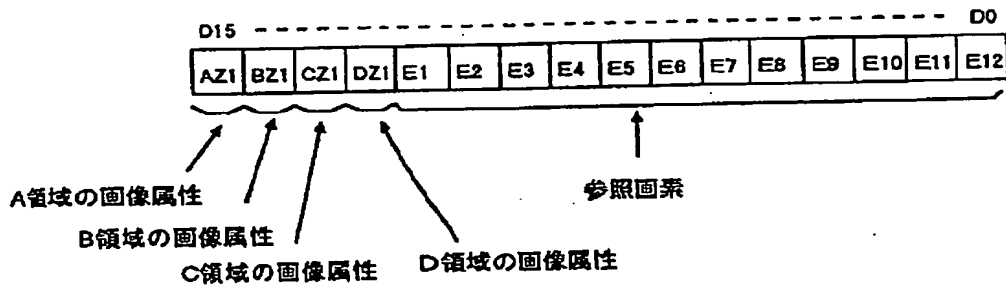
【図 3】



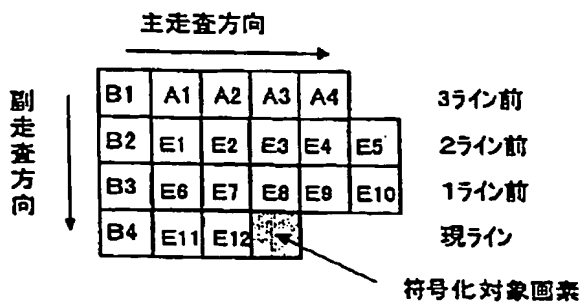
【図 7】



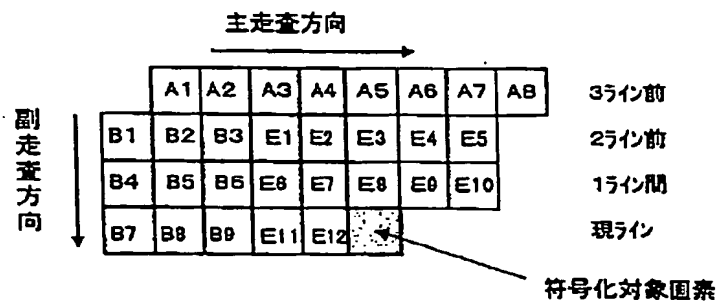
【図 4】



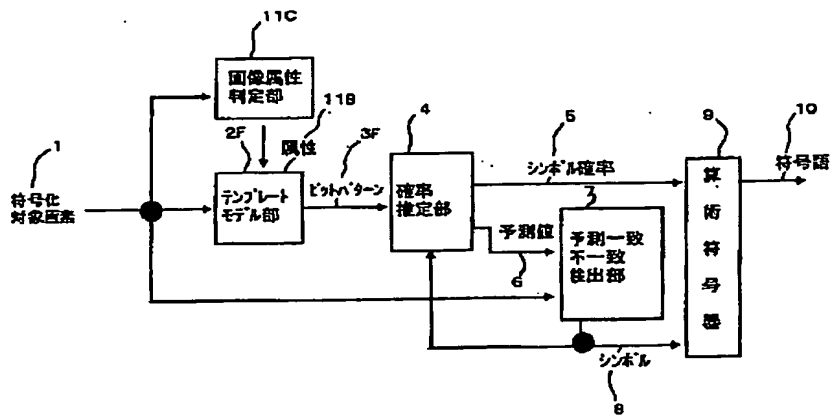
【図 9】



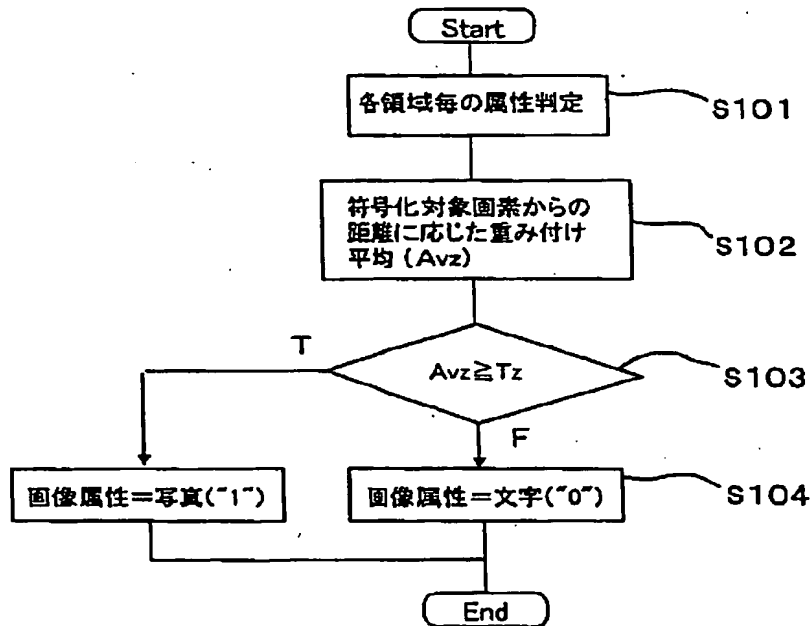
【図 12】



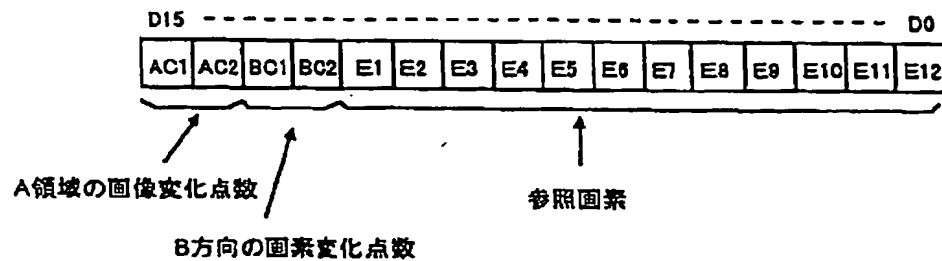
【図 5】



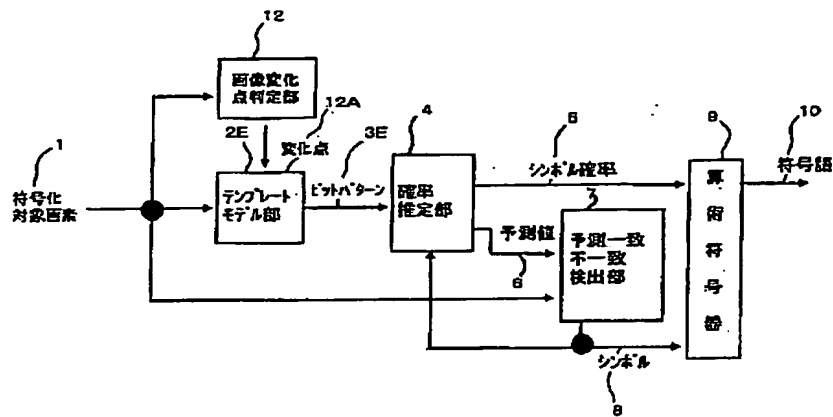
【図 6】



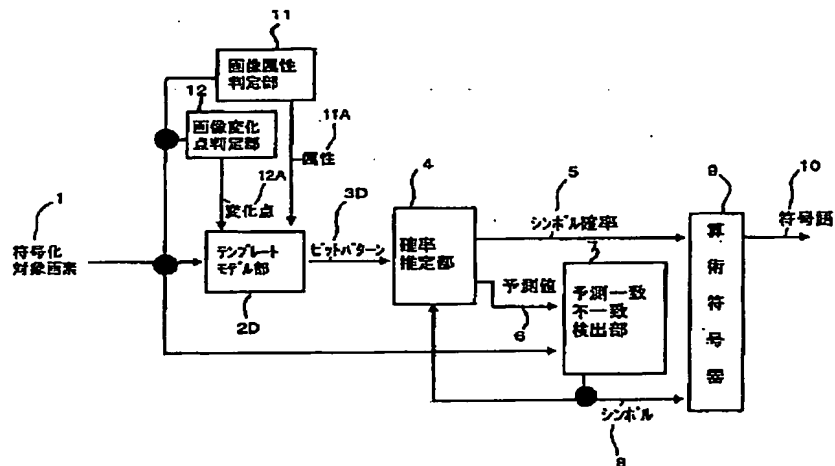
【図 10】



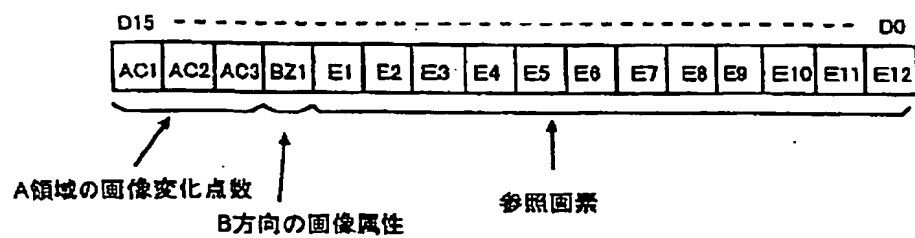
【図 8】



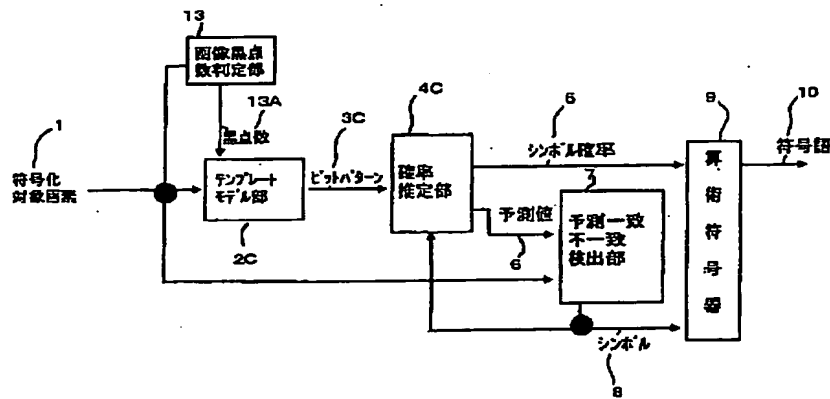
【図 11】



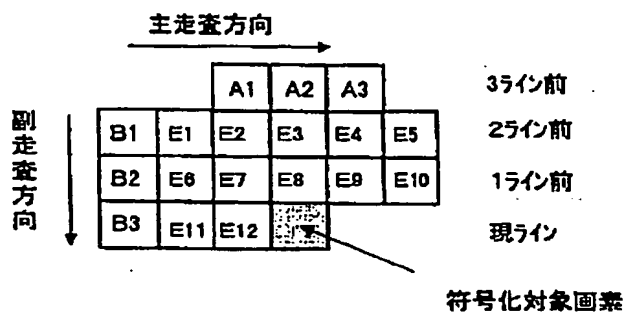
【図 13】



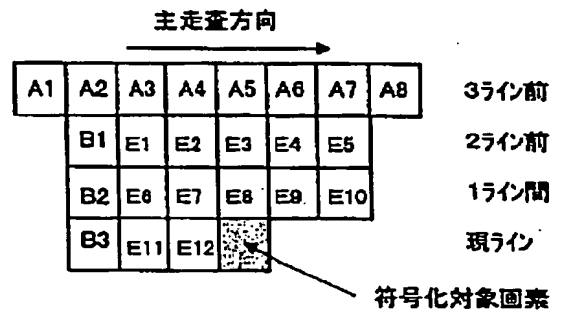
【図14】



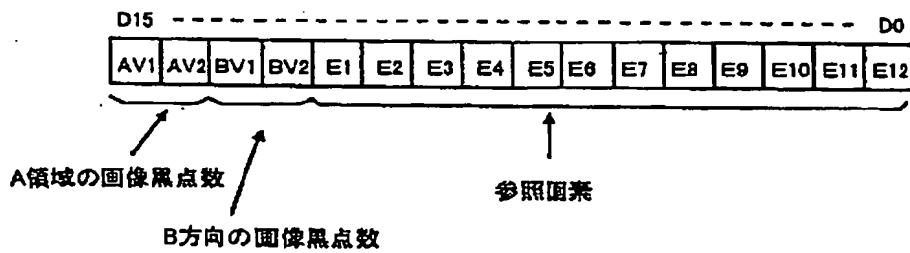
【図15】



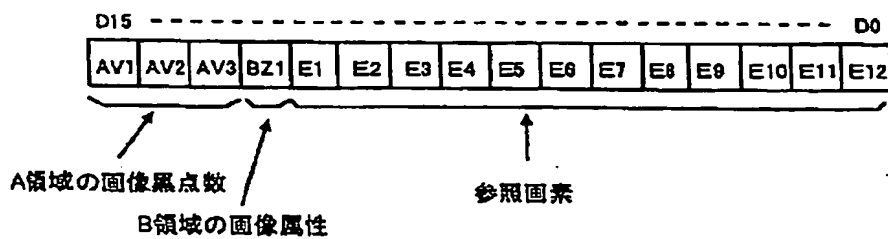
【図21】



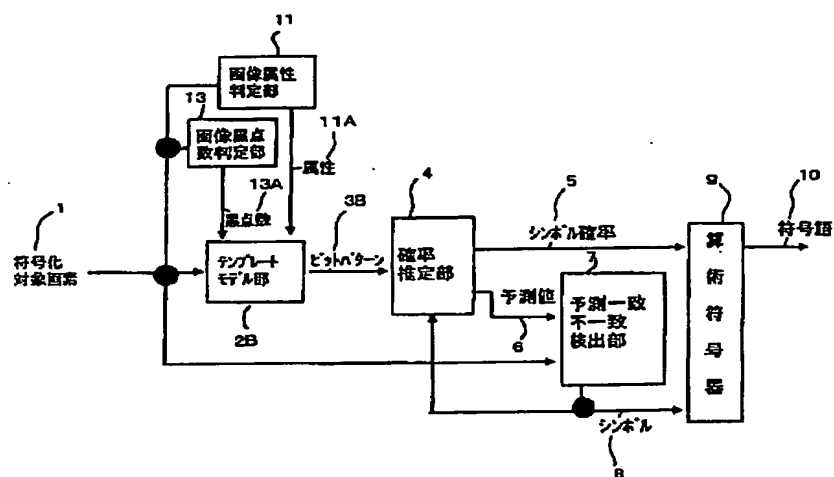
【図16】



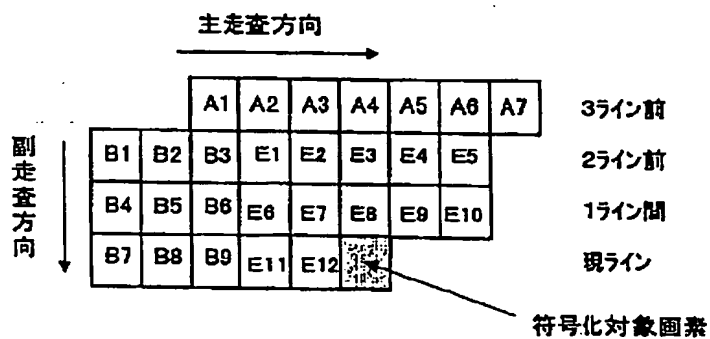
【図19】



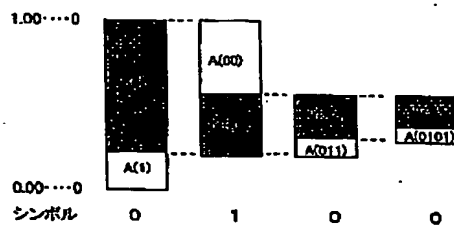
【図 17】



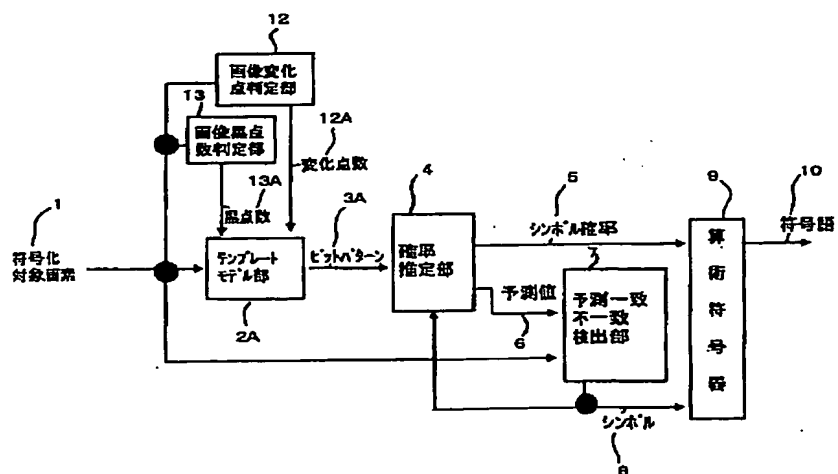
【図 18】



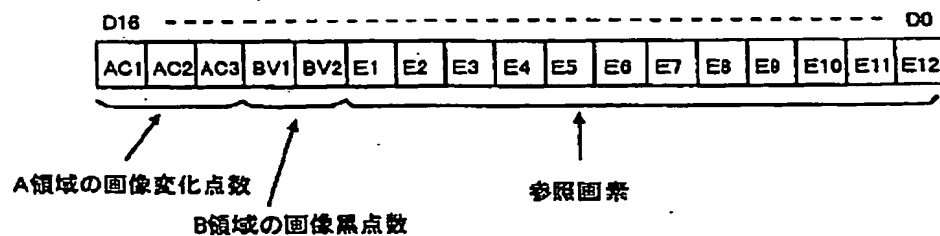
【図 26】



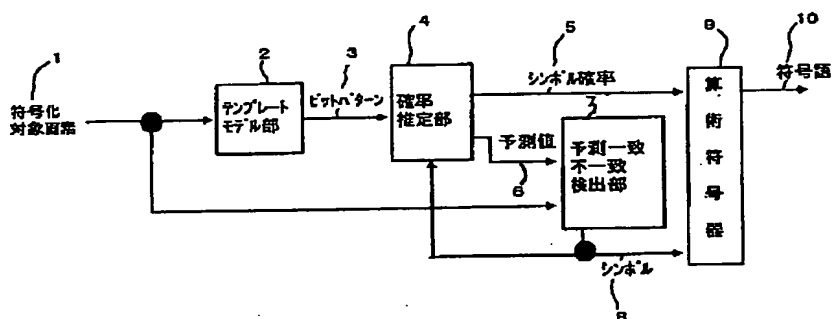
【図 20】



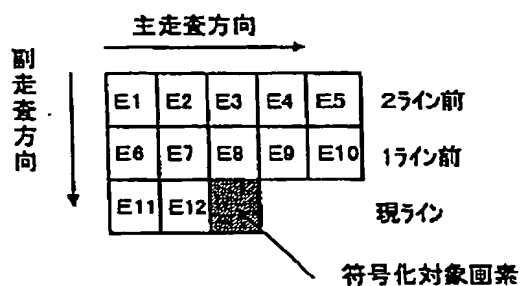
【図 2 2】



【図 2 3】



【図 2 4】



【図 2 5】

